

PENYERAPAN LOGAM TIMBAL (Pb) PADA TANAMAN BUNGA MATAHARI (*Helianthus Annuus L.*) DENGAN VARIASI PENAMBAHAN KOMPOS DAN LIMBAH BATUBARA PADA MEDIA TANAH

ABSORPTION OF METAL LEAD (Pb) USING SUNFLOWER (*Helianthus AnnuusL.*) WITH THE ADDITION IN VARIATION OF COMPOST AND BOTTOM ASH IN SOIL MEDIA

Rhazista Noviardi dan Tri Padmi Damanhuri

(Diterima tanggal 09-06-2016; Disetujui tanggal 18-02-2016)

ABSTRAK

Kenaikan harga bahan bakar minyak menyebabkan banyaknya industri yang semula menggunakan bahan bakar minyak beralih ke batubara sebagai sumber energi untuk produksinya. Hal ini menimbulkan masalah lingkungan berupa peningkatan jumlah limbah padat sisa pembakaran batubara yang banyak mengandung unsur-unsur beracun termasuk timbal (Pb). Bunga matahari merupakan tanaman yang dapat dimanfaatkan untuk remediasi logam timbal (Pb) pada limbah batubara. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan kompos pada limbah batubara terhadap konsentrasi Pb total pada tanaman bunga matahari (*Helianthus Annuus L.*). Rancangan yang digunakan dalam penelitian adalah rancangan acak kelompok (RAK) pola faktorial yang terdiri dari dua factor. Faktor pertama adalah rasio limbah batubara (% berat) yang terdiri dari 6 (enam) taraf yaitu 0, 10, 20, 30, 40 dan 50 %. Faktor kedua adalah dosis kompos yang terdiri dari 3 (tiga) taraf yaitu 0, 400 dan 800 gram. Kedua faktor tersebut dikombinasikan sehingga diperoleh 18 perlakuan dengan dua kali ulangan. Pengaruh perbedaan perlakuan pada percobaan diuji dengan uji ANOVA pada taraf 5 %. Sementara itu, untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan pada masing-masing faktor dilakukan uji jarak berganda Duncan, pada taraf ketelitian 5 %. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi interaksi antara rasio limbah batubara dengan dosis kompos terhadap penyerapan Pb oleh tanaman bunga matahari (*Helianthus Annuus L.*). Peningkatan rasio limbah batubara dan dosis kompos secara mandiri berpengaruh terhadap konsentrasi timbal (Pb) total pada tanaman bunga matahari (*Helianthus Annuus L.*). Semakin besar rasio limbah batubara dan dosis kompos, maka semakin besar pula konsentrasi Pb total pada tanaman bunga matahari.

Kata kunci: Bunga matahari, kompos, limbah batubara, timbal, fitoremediasi, logam berat

ABSTRACT

The increase in fuel prices led to many industry which was originally used fuel switching to coal as an energy source for production. This poses environmental problems by increasing the amount of solid waste coal combustion residue contains many toxic elements including lead (Pb). Sunflower is a plant that can be used for remediation of lead (Pb) in coal waste. This study aimed to determine the effect of compost on coal ash to total Pb concentrations in sunflower (*Helianthus Annuus L.*). The design used in the study was a randomized block design (RAK) factorial design consisting of two factor. The first factor is the ratio coal ash (% by weight) which consists of 6 (six) levels there are 0, 10, 20, 30, 40 and 50%. The second factor is the dose of compost which consists of three (3) levels there are 0, 400 and 800 gram. These two factors combined to obtain 18 treatments with two replications. The effect of different treatments on trial tested by ANOVA at 5% .Meanwhile, to know the difference between treatments in each factor done by use Duncan's multiple range test, at 5% level of accuracy. The results showed that there is interaction between the coal ash ratio with dose of compost on total Pb concentrations in sunflower (*Helianthus Annuus L.*) Increasing the ratio of coal ash and compost doses independently affect the concentration of lead (Pb) in total in sunflower (*Helianthus Annuus L.*). The greater the ratio of coal ash or compost dose, the greater the total Pb concentration in sunflower.

Keywords: Sunflower, compost, coal ash, lead, phytoremediation, heavy metals

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kenaikan harga bahan bakar minyak menyebabkan banyaknya industri yang semula menggunakan bahan bakar minyak beralih ke batubara sebagai sumber energi untuk produksinya. Hal ini menimbulkan masalah lingkungan berupa peningkatan jumlah limbah padat sisa pembakaran batubara yang memerlukan penanganan khusus.

Limbah batubara mengandung unsur-unsur logam berat yang beracun dan berbahaya karena sifat bioakumulasinya pada rantai makanan. Berdasarkan penelitian *National Research Council of the National Academies* [1], kandungan unsur beracun pada *fly ash* tergantung pada batu bara yang digunakan, namun dapat mengandung satu atau lebih dari unsur-unsur seperti As, Cd, Cu, Pb, Mn, Ni Se dan Zn.

Timbal (Pb) bersama-sama dengan Cr, Ni, Cd dan Hg adalah unsur-unsur yang beracun bagi organisme.[2] Sementara itu menurut Faust dan Aly [3], timbal (Pb) bukan merupakan unsur esensial bagi tanaman, hewan dan manusia

Bunga matahari merupakan tanaman yang memiliki beberapa manfaat diantaranya sebagai bahan membuat sabun, lilin, pernis, cat serta pelumas dan tergolong tanaman hiper akumulator yang bersifat toleran terhadap kontaminan.

Tanaman bunga matahari (*Helianthus annuus L*) mampu menyerap timah (Pb) sangat tinggi. [4] Bunga matahari merupakan tanaman cepat tumbuh dengan produksi biomasa yang tinggi sehingga dapat dimanfaatkan untuk fitoremediasi (penyerapan) logam-logam

beracun (Cu, Zn, Pb, Hg, As, Cd, Ni) pada tanah yang terkontaminasi.[5]

Penambahan pupuk yang berasal dari kotoran babi dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan penyerapan logam timbal (Pb) oleh tanaman *Thysanolaena maxima* (Roxb.) dan *Vetiveria zizanioides* (L.).[6]

Berdasarkan permasalahan diatas dan hipotesis yang disampaikan oleh beberapa peneliti terdahulu, maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan kompos pada limbah batubara terhadap penyerapan logam timbal (Pb) oleh tanaman bunga matahari (*Helianthus Annuus L*).

Perlu penulis informasikan, pemanfaatan limbah batubara yang merupakan salah satu jenis limbah kategori limbah bahan berbahaya dan beracun (B3); penanganannya harus disesuaikan dengan persyaratan dan peraturan perundang-undangan yang berlaku dalam hal ini Peraturan Pemerintah No 101 tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Lebih khusus peraturan tersebut mengatur pemanfaatan limbah B3 pada pasal 53 sampai dengan pasal 98. Sehingga masyarakat pengguna tidak bisa melakukan pemanfaatan tanpa mengacu ke peraturan tersebut. Sebagai gambaran, setiap penghasil limbah B3 mempunyai kewajiban melakukan pengelolaan limbah B3 dan salah satu cara adalah dengan melakukan pemanfaatan baik mandiri maupun diberikan kepada pihak ketiga. Sehingga penerapan dari kajian ini baik dalam komunitas masyarakat maupun pelaku usaha kegiatan (sebagai contoh: pemanfaatan limbah batu bara dari Boiler Pabrik Tekstil); perlu dilakukan dalam koridor izin pemanfaatan limbah B3

yang dikeluarkan oleh Pemerintah dalam hal ini Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

Tujuan dan Maksud Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan kompos pada limbah batubara terhadap besarnya penyerapan logam timbal (Pb) oleh tanaman bunga matahari (*Helianthus annuus L.*)

Maksud penelitian ini adalah untuk mengurangi konsentrasi logam timbal (Pb) pada limbah batubara (fitoremediasi) sehingga tidak membahayakan bagi lingkungan sekitar.

METODOLOGI

Penelitian ini bersifat eksperimen yang meliputi pengumpulan, pengolahan dan analisis data dari perlakuan-perlakuan percobaan untuk mengetahui konsentrasi Pb pada tanaman bunga matahari dengan penambahan kompos pada media tanam limbah batubara.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

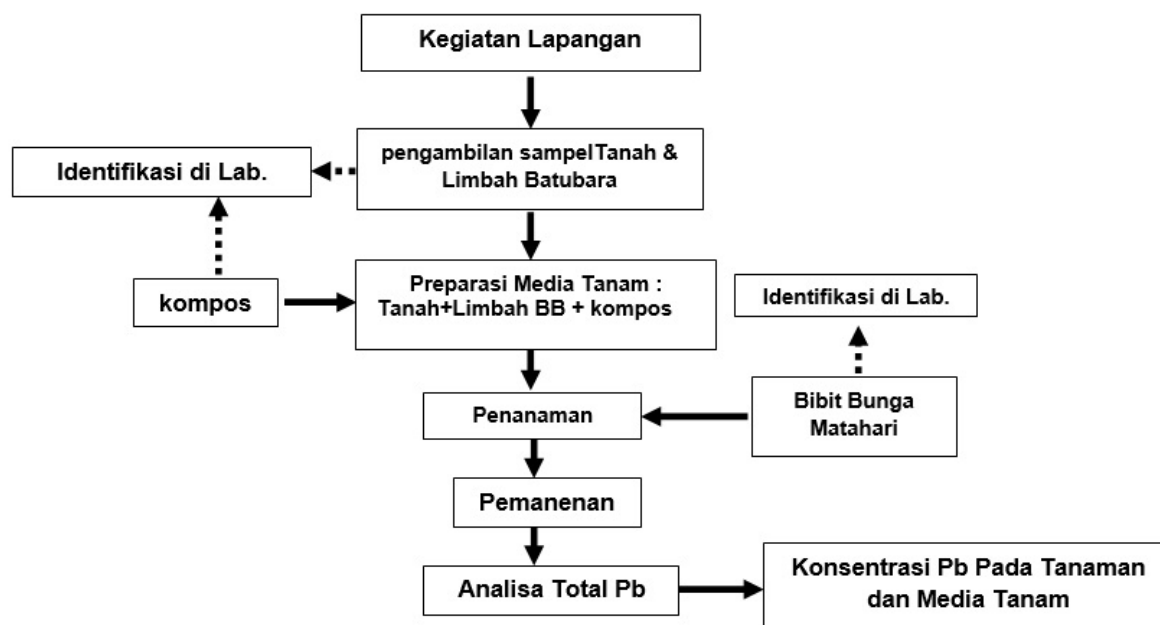
1. Bunga matahari (*Helianthus Annuus L.*). Bibit bunga matahari yang diguna-

kan berumur \pm 6 minggu dengan tinggi 50 – 60 cm yang diperoleh dari daerah Cihideung, Lembang.

2. Limbah batubara. Limbah batubara yang digunakan pada penelitian ini merupakan sisa proses pembakaran batubara yang berasal dari pabrik tekstil di kawasan industri Leuwigajah, Cimahi.
3. Tanah. Tanah yang digunakan pada penelitian ini diambil dari Balai Penelitian Sayuran (Balitsa), Cikole – Lembang. Tanah yang diambil merupakan tanah lapisan atas (top soil) yaitu kedalaman \pm 0 – 25 cm.
4. Kompos. Kompos yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari toko pertanian dengan merk Daun Cakra. Sebelum digunakan kompos terlebih dahulu dilakukan pengadukan agar homogen.

Tahapan Kegiatan

Tahapan kegiatan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Pelaksanaan teknis penelitian berpedoman pada prosedur yang ditetapkan dan teori yang diperoleh serta pendapat-pendapat peneliti sebelumnya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mencapai hasil sebenarnya untuk mengetahui tingkat penyerapan logam timbal (Pb) oleh tanaman bunga matahari.



Gambar 1. Alur Teknis Penelitian

Rancangan Percobaan

Rancangan yang digunakan dalam penelitian adalah rancangan acak kelompok (RAK) pola faktorial yang terdiri dari dua faktor, yaitu rasio tanah-limbah batubara dan dosis kompos. Faktor pertama, penambahan limbah batubara (% berat) terdiri dari enam perlakuan yaitu 100 % tanah atau 0 % limbah batubara (A_0), 10 % limbah batubara (A_1), 20% limbah batubara (A_2), 30 % limbah batubara (A_3), 40 % limbah batubara (A_4), 50 % limbah batubara

(A_5). Faktor kedua, dosis kompos (gr/pot) terdiri dari tiga perlakuan (K) yaitu 0 gram/pot (K_0), 400 gram/pot (K_1) dan 800 gram/pot (K_2).

Tanaman yang digunakan adalah bunga matahari (*Helianthus Annuus L.*). Total kombinasi perlakuan adalah 18 satuan dengan dua kali ulangan sehingga seluruhnya ada 36 satuan percobaan. Kombinasi perlakuan rasio tanah – limbah batubara dan penambahan kompos disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kombinasi Perlakuan Penambahan Limbah batubara dan Kompos

Limbah Batubara (A)	Kompos (K)		
	k_0	k_1	k_2
A_0	A_0K_0	A_0K_1	A_0K_2
A_1	A_1K_0	A_1K_1	A_1K_2
A_2	A_2K_0	A_2K_1	A_2K_2
A_3	A_3K_0	A_3K_1	A_3K_2
A_4	a_4k_0	a_4k_1	a_4k_2
A_5	A_5K_0	A_5K_1	A_5K_2

Analisis Statistik

Pengaruh perbedaan perlakuan pada percobaan diuji dengan uji ANOVA pada taraf 5 %. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan pada masing-masing faktor perlakuan penelitian dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji jarak berganda Duncan, pada taraf ketelitian 5 %. menggunakan program SPSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Bibit Tanaman Bunga Matahari

Hasil analisis terhadap bibit tanaman bunga matahari yang digunakan pada penelitian disajikan pada Tabel 2. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada bagian akar, batang dan daun bibit tanaman bunga matahari telah mengandung logam Pb. Konsentrasi logam Pb pada bagian akar dari dua sampel bibit tanaman bunga matahari yang dipilih secara acak masing-masing sebesar 10,52

mg/kg dan 21,46 mg/kg. Sementara itu, konsentrasi Pb pada bagian batang dan daun kedua bibit tanaman bunga matahari masing-masing sebesar 12,66 mg/kg dan 7,16 mg/kg. Adanya kandungan logam Pb pada bibit tanaman bunga matahari sebelum percobaan kemungkinan berasal dari adanya kandungan Pb pada media tanam bibit yang berupa campuran tanah dan sekam padi.

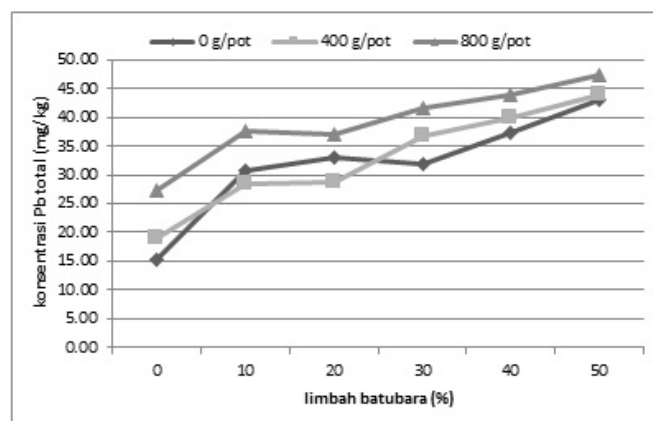
Konsentrasi Pb Total Pada Tanaman

Konsentrasi Pb Total Pada Akar

Pengaruh penambahan limbah batubara dan kompos terhadap rerata konsentrasi Pb total pada bagian akar bunga matahari dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rerata konsentrasi Pb total tertinggi terdapat di bagian akar tanaman bunga matahari yang ditanam pada tanah dengan penambahan kombinasi perlakuan 50 % limbah batubara dan 800 gram dosis kompos,

Tabel 2. Hasil Analisis Terhadap Bibit Tanaman Bunga Matahari

Bibit	Berat basah (kg)	Akar Berat Kering (kg)	[Pb] (mg/kg)	Batang + Daun		
				Berat basah (kg)	Berat Kering (kg)	[Pb] (mg/kg)
1	0.0095	0.0069	10.52	0.0258	0.0237	12.66
2	0.0108	0.0078	21.46	0.0273	0.0242	7.16



Gambar 2. Grafik Pengaruh Rasio Batubara dan Dosis Kompos Terhadap Konsentrasi Pb total Pada Akar Tanaman Bunga Matahari

yaitu sebesar 47,35 mg/kg. Rerata konsentrasi Pb total terendah terdapat di bagian akar tanaman yang ditanam pada tanah dengan penambahan kombinasi perlakuan 0 % limbah batubara dan tanpa penambahan kompos (0 g/pot) yaitu sebesar 15,40 mg/kg.

Hasil analisis statistik pengaruh penambahan limbah batubara dan kompos terhadap konsentrasi Pb total pada akar tanaman bunga matahari dapat dilihat pada Tabel 3.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa penambahan limbah batubara dan kompos berpengaruh sangat nyata ($P < 0.05$) terhadap konsentrasi Pb total pada bagian akar tanaman bunga matahari. Sementara itu, hasil perhitungan menunjukkan tidak terdapat interaksi yang nyata ($P > 0,05$) antara penambahan limbah batubara dan kompos terhadap konsentrasi Pb total pada bagian akar tanaman bunga matahari.

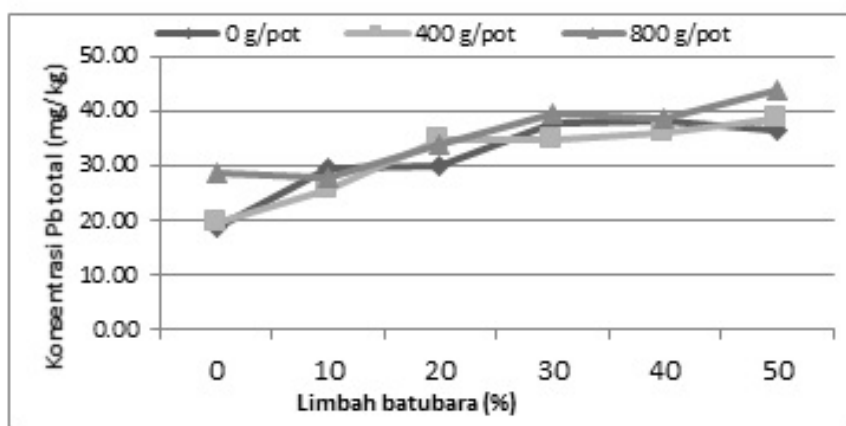
Akar memiliki kapasitas tukar kation (KTK), selain keberadaan group *carboxyl* yang menyebabkan terjadinya mekanisme pergerakan ion dari bagian luar akar ke bagian plasmalema dimana terjadi penyerapan secara

aktif. Selain itu dapat terjadi pula penyerapan secara pasif (*non metabolic*) yang melibatkan proses difusi dari on-ion dalam tanah kedalam endodermis akar.[7]

Konsentrasi Pb Pada Batang dan Daun

Pengaruh penambahan limbah batubara dan kompos terhadap rerata konsentrasi Pb total pada bagian batang dan daun tanaman bunga matahari dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rerata konsentrasi Pb total tertinggi terdapat di bagian batang dan daun tanaman bunga matahari yang ditanam pada tanah dengan penambahan kombinasi perlakuan 50 % limbah batubara dan 800 gram kompos, yaitu sebesar 43,73 mg/kg. Rerata konsentrasi Pb total terendah terdapat di bagian batang dan daun tanaman yang ditanam pada tanah dengan penambahan kombinasi perlakuan 0 % limbah batubara dan tanpa penambahan kompos (0 g/pot) yaitu sebesar 18,68 mg/kg.

Hasil analisis statistik pengaruh penambahan limbah batubara dan kompos terhadap konsentrasi Pb total pada akar tanaman bunga matahari dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 3. Grafik Pengaruh Penambahan Limbah Batubara Dan Kompos Terhadap Konsentrasi Pb Total Pada Batang Dan Daun Bunga Matahari

Hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan limbah batubara berpengaruh nyata ($P < 0.05$) terhadap konsentrasi Pb total pada batang dan daun tanaman bunga matahari. Sementara itu, penambahan kompos tidak berpengaruh nyata ($P > 0.05$) terhadap konsentrasi Pb total pada bagian batang dan daun tanaman bunga matahari. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi yang sangat nyata ($P > 0.05$) antara penambahan limbah batubara dan penambahan kompos terhadap konsentrasi Pb Total Pada Bagian batang dan daun tanaman bunga matahari.

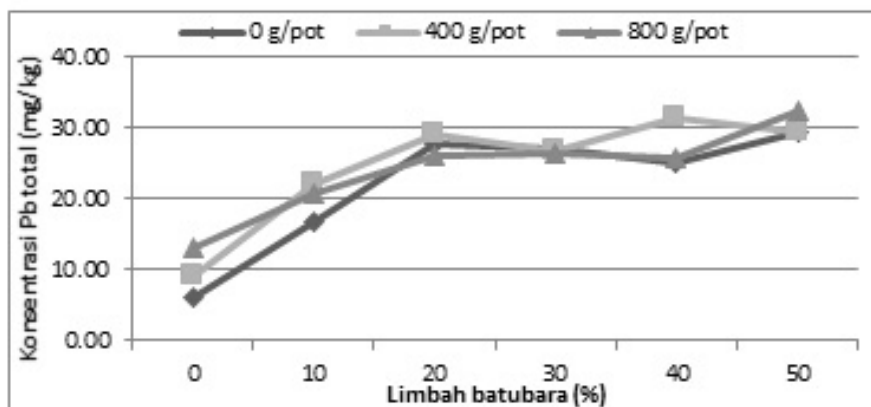
Konsentrasi Pb total Pada Bunga

Pengaruh perlakuan penambahan limbah batubara dan kompos terhadap rerata konsentrasi Pb total pada bagian bunga tanaman bunga matahari dapat dilihat pada Gambar 4.

Pada Gambar 4. dapat dilihat bahwa rerata konsentrasi Pb total tertinggi terdapat di bagian bunga tanaman bunga matahari yang ditanam pada tanah dengan penambahan kombinasi perlakuan 50 % limbah batubara

dan 800 gram dosis kompos, yaitu sebesar 32,35 mg/kg. Rerata konsentrasi Pb total terendah terdapat di bagian batang dan daun tanaman yang ditanam pada tanah dengan penambahan kombinasi perlakuan 0 % limbah batubara dan tanpa penambahan kompos (0 g/pot) yaitu sebesar 6,03 mg/kg.

Hasil analisis statistik pengaruh penambahan limbah batubara dan kompos terhadap konsentrasi Pb total pada bagian bunga tanaman bunga matahari dapat dilihat pada Tabel 5. Hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan limbah batubara berpengaruh nyata ($P < 0.05$) terhadap konsentrasi Pb total pada bagian bunga tanaman bunga matahari. Sementara itu, penambahan kompos tidak berpengaruh nyata ($P > 0.05$) terhadap konsentrasi Pb total pada bagian bunga tanaman. Hasil analisa menunjukkan tidak terjadi interaksi ($P > 0.05$) antara penambahan limbah batubara dan penambahan kompos terhadap konsentrasi Pb total pada bagian bunga tanaman bunga Matahari.



Gambar 4. Grafik Pengaruh Penambahan Limbah Batubara Dan Kompos Terhadap Konsentrasi Pb Total Pada Bagian Bunga Tanaman Bunga Matahari

Total Konsentrasi Pb Total Pada Tanaman

Pengaruh perlakuan penambahan limbah batubara dan kompos terhadap total konsentrasi Pb total pada tanaman bunga matahari dapat dilihat pada Gambar 5. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rerata konsentrasi Pb total tertinggi terdapat pada tanaman bunga matahari yang ditanam pada tanah dengan penambahan kombinasi perlakuan 50 % limbah batubara dan 800 gram kompos (A5K2), yaitu sebesar 123,43 mg/kg. Rerata konsentrasi Pb total terendah terdapat di tanaman bunga matahari yang ditanam pada tanah dengan penambahan kombinasi perlakuan 0 % limbah batubara dan tanpa penambahan kompos (A0K0) yaitu sebesar 40,11 mg/kg. Konsentrasi Pb total tertinggi terdapat pada bagian akar tanaman yaitu sebesar 47,35 mg/kg, sedangkan konsentrasi Pb total terendah terdapat pada bagian bunga tanaman bunga matahari yaitu sebesar 6,03 mg/kg.

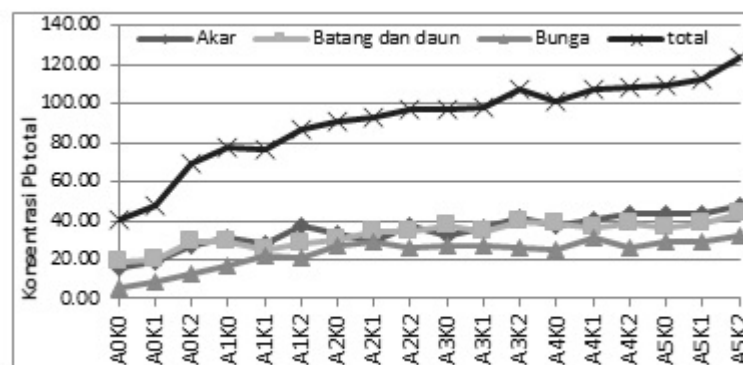
Hasil analisis statistik pengaruh penambahan limbah batubara dan dosis kompos terhadap konsentrasi Pb total pada Tanaman bunga matahari dapat dilihat pada Tabel 6.

Hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan limbah batubara dan kompos berpengaruh nyata ($P < 0.05$) terhadap total konsentrasi Pb total pada tanaman bunga matahari. Hasil analisa menunjukkan terjadi interaksi yang sangat nyata ($P < 0,05$) antara penambahan limbah batubara dan penambahan kompos terhadap total konsentrasi Pb total pada Tanaman Bunga Matahari.

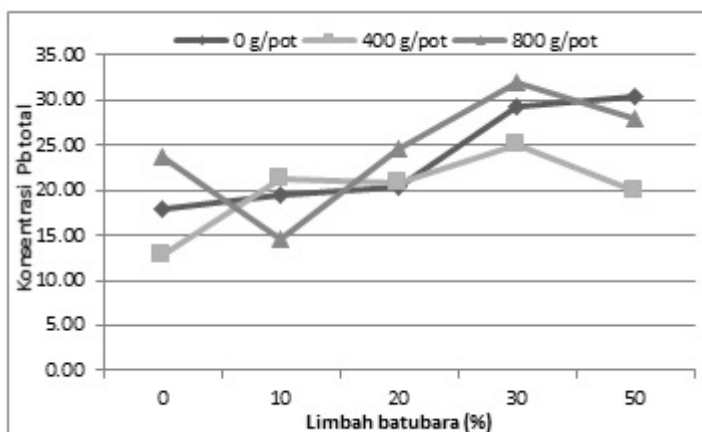
Konsentrasi maksimum dari Logam Pb ditemukan pada bagian akar sementara untuk logam Zn akumulasi tertinggi pada bagian daun dan batang.[8]

Kandungan bahan organik pada tanah, limbah batubara dan kompos dapat meningkatkan mobilitas logam Pb pada media tanam sehingga mudah diserap oleh tanaman. Kandungan bahan organik terlarut pada larutan tanah dapat meningkatkan mobilitas logam Cu, Ni dan Pb.[9,10]

Akumulasi logam pada tanaman dipengaruhi oleh faktor jenis tanaman, sifat unsur logam dan karakteristik tanah (pH, kapasitas tukar kation, kandungan liat dan bahan organik. [11]



Gambar 5. Grafik Pengaruh Kombinasi Perlakuan Penambahan Batubara Dan Dosis Kompos Terhadap Konsentrasi Pb Total Pada Bunga Matahari.



Gambar 6. Grafik Pengaruh Rasio Batubara Dan Dosis Kompos Terhadap Penurunan Konsentrasi Pb (%) Pada Media Tanam Bunga Matahari

Penggunaan kompos dan vermin-kompos pada tanah terkontaminasi dapat meningkatkan kesuburan dan sifat fisik tanah sehingga dapat membantu keberhasilan proses fitoremediasi. [12] Kompos dan vermin-kompos mampu meningkatkan pertumbuhan dan biomassa tanaman sehingga logam yang dapat diserap dari media tanam terkontaminasi lebih banyak serta tanaman lebih toleran terhadap keracunan logam. [13]

Konsentrasi Pb total Pada Media Tanam

Pengaruh perlakuan penambahan limbah batubara dan kompos terhadap rerata penurunan konsentrasi Pb total pada media tanam dapat dilihat pada Gambar 6. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rerata penurunan konsentrasi Pb total tertinggi terdapat pada tanah dengan penambahan kombinasi perlakuan 30 % limbah batubara dan 800 gram kompos, yaitu sebesar 31,96 %. Rerata penurunan konsentrasi Pb total terendah terdapat pada tanah dengan penambahan kombinasi perlakuan 0 % limbah batubara dan dosis kompos 400 g/pot yaitu sebesar 12,87 %. Hal ini disebabkan penambahan limbah batubara mempengaruhi penyerapan

unsur-unsur makro maupun mikro yang ada pada media tanam oleh tanaman. Logam Pb merupakan logam yang memiliki mobilitas yang rendah, sehingga pada penambahan limbah batubara diatas 30 %, dimana konsentrasi Pb dan logam lainnya mengalami peningkatan, tanaman lebih banyak menyerap unsur hara atau logam lain yang mobilitasnya lebih tinggi dibandingkan Pb contohnya Mn, Zn atau Cd.

Hasil analisis statistik pengaruh penambahan limbah batubara dan kompos terhadap persentase penurunan konsentrasi Pb total dapat dilihat pada Tabel 7. Hasil analisis menunjukkan penambahan limbah batubara dan kompos tidak berpengaruh nyata ($P < 0.05$) terhadap konsentrasi Pb total pada media tanam bunga matahari. Sementara itu, tidak terjadi interaksi yang sangat nyata ($P > 0,05$) antara penambahan limbah batubara dan kompos terhadap konsentrasi Pb total pada media tanam.

Penambahan fly ash pada tanah menyebabkan nilai pH, *electric conductivity*, kapasitas menahan air, jumlah kation dan logam berat pada tanah mengalami peningkatan, sementara

nilai *bulk density*, N total, C-Organik, bahan organik, P tersedia dan kapasitas kation tanah mengalami penurunan. [14]

Kesetimbangan Massa

Penentuan kesetimbangan massa dimaksudkan untuk dapat mengetahui aliran logam Pb yang terjadi pada media tanam dan tanaman. Hasil perhitungan kesetimbangan massa Pb pada media tanam dan tanaman bunga matahari dapat dilihat pada Tabel 8. Persamaan kesetimbangan massa logam Pb pada penelitian ini diasumsikan sebagai berikut:

$$\text{Min} = \text{Mout} \dots\dots\dots[1]$$

$$\text{Mout} = \text{Mm} + \text{Ma} + \text{M(d+t)} + \text{Mb} \dots\dots\dots[2]$$

$$\text{Mr} = \text{Min} - (\text{Mm} + \text{Ma} + \text{M(d+t)} + \text{Mb}) \dots\dots[3]$$

Dimana : Min = Massa logam Pb awal (t=0)

Mm = Massa logam Pb pada media tanam

Ma = Massa logam Pb pada akar

M(d+t) = Massa logam Pb pada Daun dan batang

Mb = Massa logam Pb pada bunga

Mr = Akumulasi

Hasil perhitungan menunjukkan terdapat selisih atau massa Pb awal dengan massa Pb akhir tidak sama. Pada percobaan replika

pertama, selisih antara Min dengan Mout yang paling besar adalah pada perlakuan A5K0 yaitu sebesar 72,02 mg atau 40,38 %, sedangkan selisih terkecil adalah perlakuan A1K0 yaitu sebesar 15,95 mg atau 10,84 %. Pada percobaan replika kedua, selisih terbesar adalah perlakuan A4K0 yaitu sebesar 48,50 mg atau 28,43 %, sedangkan selisih terkecil adalah perlakuan A0K1 yaitu sebesar 15,69 mg atau 11,23 %.

Adanya selisih massa logam Pb pada percobaan dapat disebabkan oleh adanya massa Pb yang tidak terukur yang diakibatkan oleh:

1. Adanya bagian akar tanaman bunga matahari yang tertinggal dalam tanah pada saat pemanenan.
2. Konsentrasi logam Pb pada media tanam yang tidak merata akibat terjadinya Logam Pb yang tercuci (leaching)
3. Logam Pb dapat keluar dari tanaman bunga matahari sebagai partikulat ke udara
4. Kemungkinan adanya sejumlah massa logam Pb yang hilang oleh mikroba pada media tanam.

Tabel 8. Kesetimbangan Massa Pb Total Pada Percobaan

No.	Perlakuan	Min (mg)	Mm (mg)	M Out		Mb mg bk	Jumlah M out (mg)	Selisih	% selisih
				Ma mg bk	Mbd mg bk				
1	A0K0	139.42	114.45	0.16	0.59	0.07	115.26	24.16	17.33
2	A0K1	139.85	121.85	0.22	0.78	0.13	122.97	16.88	12.07
3	A0K2	140.29	107.06	0.33	1.22	0.20	108.81	31.48	22.44
4	A1K0	147.23	118.58	0.42	1.44	0.27	120.72	26.51	18.01
5	A1K1	146.88	115.48	0.43	1.33	0.35	117.60	29.28	19.93
6	A1K2	146.53	125.01	0.64	1.37	0.25	127.27	19.26	13.14
7	A2K0	155.03	123.40	0.62	1.51	0.45	125.97	29.06	18.74

8	A2K1	153.91	121.83	0.55	1.94	0.53	124.85	29.05	18.88
9	A2K2	152.78	115.33	0.82	2.03	0.51	118.69	34.09	22.31
10	A3K0	162.84	115.23	0.82	2.37	0.34	118.76	44.08	27.07
11	A3K1	160.93	120.42	0.85	1.78	0.42	123.47	37.46	23.28
12	A3K2	159.02	108.20	1.05	2.36	0.44	112.05	46.97	29.54
13	A4K0	170.65	123.72	1.16	2.28	0.38	127.54	43.10	25.26
14	A4K1	167.96	142.34	1.17	2.24	0.53	146.28	21.67	12.90
15	A4K2	165.27	125.38	1.38	2.51	0.50	129.78	35.49	21.48
16	A5K0	178.45	124.09	1.13	1.86	0.50	127.58	50.87	28.51
17	A5K1	174.98	140.16	1.35	2.61	0.58	144.69	30.29	17.31
18	A5K2	171.51	123.49	1.65	2.97	0.73	128.84	42.67	24.88

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan limbah batubara dan kompos tidak berpengaruh terhadap penyerapan timbal (Pb) oleh tanaman bunga matahari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rerata konsentrasi Pb total tertinggi terdapat pada tanaman bunga matahari yang ditanam pada tanah dengan penambahan kombinasi perlakuan 50 % limbah batubara dan 800 gram kompos (A5K2), yaitu sebesar 123,43 mg/kg. Rerata konsentrasi Pb total terendah terdapat di tanaman bunga matahari yang ditanam pada tanah dengan penambahan kombinasi perlakuan 0 % limbah batubara dan tanpa penambahan kompos (A0K0) yaitu sebesar 40,11 mg/kg. Konsentrasi Pb total tertinggi terdapat pada bagian akar tanaman yaitu sebesar 47,35 mg/kg, sedangkan konsentrasi Pb total terendah terdapat pada bagian bunga tanaman bunga matahari yaitu sebesar 6,03 mg/kg.

Limbah batubara dan kompos dapat meningkatkan mobilitas logam Pb pada media tanam sehingga mudah diserap oleh tanaman. Selain itu, penggunaan kompos

dapat meningkatkan kesuburan dan sifat fisik tanah sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan dan biomassa tanaman sehingga logam yang dapat diserap dari media tanam terkontaminasi lebih banyak serta tanaman lebih toleran terhadap keracunan logam

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada Kepala Laboratorium B3 Jurusan Teknik Lingkungan ITB beserta staf atas bantuannya selama kegiatan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- (1) National Research Council of the National Academies. 2006. Managing Coal Combustion Residues in Mines. Committee on Mine Placement of Coal Combustion Wastes.
- (2) Bohnet, H.G, Aragona, C., Fiesen, H.G. 1976. Induction of Lactogenic Receptors. In The Liver of Hypophysectomized Rats. Endocrinol Res. Commun.
- (3) Faust, S.D. and O.M. Aly. 1981. Chemistry of Natural Waters. Ann Arbor Sciens Publishers, Inc. Michigan.

- (4) Aiyen, Dr. Sc. Agr. 2005. Ilmu Remediasi untuk Atasi Pencemaran Tanah di Aceh dan Sumatera Utara. Pusat Kajian Rehabilitasi Lahan Tambang Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada. Dipublikasikan di Kompas Tgl. Kompas, 4 Maret 2005.
- (5) Jadia C.D dan Fulekar MH. 2008. Phytoremediation : The Application Of Vermicompost To Remove Zinc, Cadmium, Copper, Nickel And Lead By Sunflower Plant. Environmental Engineering and Management Journal Vol.7. Technical University of Lasi, Romania.
- (6) Rotkittikhun, P., Chaiyarat, R., Kruatreehue, M., Pokethitiyook, P., and Baker, A. 2007. Growth and lead accumulation by grasses *Vetiveria zizanioides* and *Thysanolaenamaxima* in lead-contaminated soil amended with pig manure and fertilizer: Aglasshouse study. Chemosphere 66 pp 45-5.
- (7) Alloway, B.J, 1995. Heavy Metals in Soils, 2nd ed. Blackie Academic and Profesional, London, England.
- (8) Herrero, E.M, Lopez-Gonzalvez A, Ruiz MA, Lucas-Garcia JA, Barbas C. 2003. Uptake and Distribution of Zinc, Cadmiun, Lead and Copper in *Brassica napus* var *oleivera* and *Helianthus annuus* grown in Contaminated Soils. International Journal of Phytoremediation.
- (9) Khan, S.,D. Nonden and N.N.Khan. 1982. The Mobility of Some Heavy Metals Through Indian Red Soil. Environ.Pollut.Ser.B.
- (10) Amrhein, C., J.E.Strong, and P.A.Mosher. 1992. Effect of Deicing Salts on Metal and Organic Matter Mobility in Roadside Soils. *Environ. Sci.Technol.*
- (11) Tlustos P, Szakova J, Hruby J, Hartman I, Najmanova J, Nedelnik J, Pavlikova D, Batysta M. 2006. Removal of As, Cd, Pb and Zn from Contaminated Soil by High Biomass Producing Plants. Plant Soil Environment.
- (12) Zheljazkov, V.D. and P.R. Warman. 2004. Phytoavailability and Fractionation of Cu, Mn, and Zn in soil following application of two composts to four crops. Environmental Pollution 131(2):187-195.
- (13) Tang S., Xi L., Zheng J., Li H. 2003. Response to Elevated CO₂ of Indian Mustard and Sunflower Growing on Copper Contaminated Soil. Bull. *Environ. Contam.Toxicol.*
- (14) Sing A and Agrawal SB. 2010. Response of Mug Bean Cultivars to Fly ash : Growth and Yield. *Ecotoxicol Environ Saf.*